拾陸 水資源管理利用

一 作物全生育期需水量研究

(一) 水稻間歇灌溉生育期用水量研究

吳東鴻

利用間歇灌溉模式，灌水5 cm後，待水位自然降至土面0 cm之隔日再行復灌到5 cm，如此乾溼交替，惟曬田期排水及抽穗期維持土面濕潤；試驗前進行土壤分析，設置流量計與水汽通量設備蒐集用水及實際蒸發散量 (ETc) 資訊，結合氣象資料估算參考蒸發散量 (ETo) 與作物係數 (Kc)，再藉由Cropwat8.0軟體分析各時期建議灌溉量。整合111年第一、二期及112年第一期結果顯示，第一期作ETc及ETo呈逐步提升狀態，第二期則為遞減狀態，顯示ETc與氣溫趨勢一致，致使第二期作栽培期雖較短，但每日ETc相對較高，3個期作之ETc平均分別為4.90、5.43、4.28 mm day^{-1}。分析各期用水收支平衡，3個期作加計雨量後之總用水分別為1,177、1,245及1,407 mm，其中蒸發散量所占比例為48.8、39.3、31.9%，符合文獻所敘每期水稻用水量約1,000-1,400 mm，而實際作物及蒸發水量僅約3-4成，其餘水資源則向下滲漏挹注地下水體或測漏溢流到下游田區。

(二) 食用玉米需水量研究

李欣叡

分別於111年及112年種植春作兩作，統計兩年4個期作的用水量，其灌溉量分別為14、400、391與181 mm，含降雨量之總入水量分別為557、417、662及529 mm。從單次灌溉量的結果顯示，為確保良好的發芽環境，慣行栽培種植前之單次灌溉量明顯高於生長期間之單次灌溉量。兩年試驗期間，於田區架設水汽通量儀，長期監測田區每日作物蒸發散量變化，結果顯示每日作物蒸發散量約在0.49-7.66 mm，兩年4期作總計的蒸發散量分別為182、144、246及200 mm。利用作物蒸發散量及參考蒸發散量分析每日的作物係數，其落於0.11-1.75，111年秋作至112年秋作三期作之作物係數有類似的趨勢，起初作物係數低，隨後因灌溉或降雨卻

無植冠遮蔽使作物係數突然升高，緩慢下降後又隨植株生長而逐漸升高。結果顯示作物係數不僅受植株大小影響，亦受降雨及灌溉影響。後續將利用建立的本土作物係數，推算食用玉米基本需水量進行灌溉，與慣行栽培比較產量及水分利用效率。

(三) 番石榴需水量研究

高碧霜

果樹為多年生作物，水分供應影響當年及來年之生長、品質，於高雄岡山試區，針對土壤質地和滲漏等基礎物性，收集番石榴‘珍珠拔’灌溉用水量，使用水汽通量儀(LICOR-7500DS) 觀測全年蒸發散量，以建立臺灣南部之番石榴需水與用水資訊。本試區土壤性質為：0-150 cm土層為砂質壤土或壤土、pH為6.1-6.84、有機質1.31-5.25%、0-40 cm土壤的入滲速率為2-26 mm hr^{-1}之間、有效水分含量為234 mm $meter^{-1}$。全年灌溉量為839.7 mm m^{-2}，雨量為1189.9 mm。番石榴之作物蒸發散量為1.61-3.61 mm day^{-1}，潛勢能蒸發散量為3.21-6.46 mm day^{-1}，作物係數為0.42-0.59。將相關數據以FAO之CROPWAT程式試算，其建議之全年灌溉量為322.8 mm，而實際全年灌溉量為731.5 mm，可看出農民整體灌溉量偏高有下修空間，後續將以實際灌溉試驗驗證。

二 建立作物係數之積溫方程式研究

侯雅玲

作物係數 (Crop coefficient, Kc) 是作物耗水特性指標，臺灣大宗作物依據當地氣候條件與區域特性建立及累積經驗值，使參數具有實用價值。Kc依作物類型與生育階段而異。考量作物生育速度受溫度影響，故研究以作物累積生育度數 (cumulated growing-degree-days, G) 進行各生育階段之作物係數預測，可作為灌溉用水與栽培管理之參考指引。由水汽通量儀實際量測ETcrop並結合每日參考蒸發散量 (ETo)，可得作物每日Kc，資料分析過程中，Kc異常與缺值主要由於降雨、儀器故障所致。經資料分析去除異常值後，再進行生育度數對作物係數之迴歸分析和曲線擬合。作物生育度數對每旬作物係數之決定係數 (R^2) 都較每日作物係數高，應為每旬平均作物係數可消去灌溉、降雨對作物係數產生的短期波動變異。表16-1為每旬作物係數與生育度數做迴歸分析及其相關係數，後續將整併多年度資料以取得更穩健之迴歸估算式。

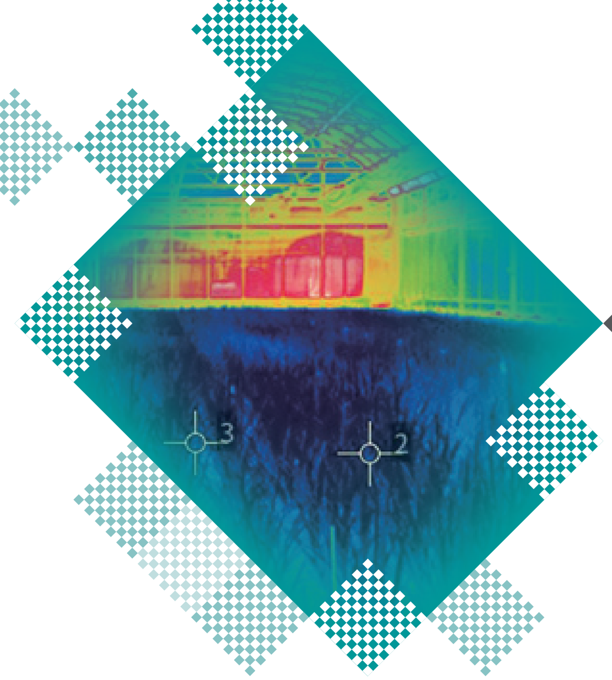
表16-1. 大宗作物之每旬作物係數之迴歸方程式及相關係數

作物	期作	試驗品種	生育度數迴歸方程式	決定係數
水稻	2023-2	TNG71	$0.607 + 0.0004\ G – 2E\text{-}07\ G^2$	0.4246
水稻	2023-2	TY3	$1.003 – 0.0005\ G + 9E\text{-}07\ G^2 – 4E\text{-}10\ G^3$	0.597
甘藷	2022-秋	TNG57	$0.413 + 0.0012\ G – 7E\text{-}07 G^2$	0.865
甘藷	2023-春	TNG66	$0.681 + 0.0004\ G – 1E\text{-}07 G^2$	0.57
香蕉	2022-23	台蕉5號	$0.494 – 6E\text{-}06\ G + 9E\text{-}08\ G^2 – 2E\text{-}11\ G^3$	0.386
食用玉米	2023-春	金鳳	$0.249 + 0.0012\ G – 5E\text{-}07\ G^2 – 2E\text{-}10\ G^3$	0.76
花椰菜	冬裡作	‘62’	$0.678 + 0.0004\ G – 2E\text{-}07\ G^2 – 3E\text{-}10\ G^3$	0.62
花椰菜	春作	‘55’	$0.776 – 5E\text{-}0.5\ G + 2E\text{-}07\ G^2$	0.597
硬質玉米	春作	‘FY13’	$0.149 + 0.0007\ G – 1E\text{-}07\ G^2 – 7E\text{-}11\ G^3$	0.748
大豆	春作	高雄13號	$0.264 + 0.0034\ G – 5E\text{-}06\ G^2 + 2E\text{-}09\ G^3$	0.83

三 荔枝優化灌溉技術之研究初報

柯昱成、張哲瑋

探討荔枝不同生育期間之水分需求量，期建立果園灌溉管理模式，減少乾旱衝擊。驗證結果顯示，在位於海拔50 m嘉義分所黑葉荔枝試驗園之營養生長期、花芽分化期、抽穗期、盛花及果實生育初期及果實成熟與修剪期的理論需水量依序是332.7 mm、93.5 mm、59.5 mm、335.5 mm及115.1 mm，合計為936.3 mm。在臺灣，荔枝係數在開花結果期設為0.8，花芽分化期設為0.4，此數值經初步驗證是恰當的。有效雨量、土壤質地與荔枝根系會影響營養生長期根系田間容水量，進而決定隔年開花結果期遭遇春旱時的灌溉量。本案例，土壤質地為壤土及黏壤土，根系達土表下110 cm，111年營養生長期有效雨量592 mm。經驗證結果顯示，荔枝開花結果期並不需要灌溉。



拾柒 氣候變遷調適

一 水稻高溫逆境調適技術之探討

李長沛

為克服水稻生育後期的高溫障礙，於高溫篩選圃內進行調適技術研究。參試品種 (系) 包含‘台南11號’、‘台稉9號’、‘台農77號’及2個耐熱基因導入系，同時種植於一般田區 (對照區) 與高溫篩選圃，於抽穗時進行溫度處理，並行夜間灌溉與增施矽酸鉀的調適處理。結果顯示，對照區參試品種 (系) 的稔實率為88.0-90.1%；於高溫篩選圃內，各品種 (系) 的稔實率，以夜間灌溉處理的稔實率 (67.7-81.9%) 優於其他處理。在稻米品質方面，對照區參試品種 (系) 的完整米率、白堊質率分別為66.7-78.9%、9.9-18.1%；高溫篩選圃內，兩耐熱性基因導入系比其輪迴親 (‘台南11號’、‘台稉9號’) 有較高的完整米率和較低的白堊質率，但夜間灌溉或增施矽酸鉀的處理，對提升完整米率及降低白堊質率無明顯效果。綜合結果顯示，高溫逆境下，夜間灌溉有助提升水稻的稔實率，但夜間灌溉或施用矽酸鉀處理對提升完整米率及降低白堊質率的效果仍有待驗證。

二 改善蔬菜高溫栽培障礙之研究

李香誼、王三太、林楨祐

比較4-6月栽培不同甘藍品種對頂燒症與黑腐病之影響，空心比率以‘初秋’29.2%較高，‘228’、‘23-706’、‘23-707’與‘23-708’空心比率為零。黑腐病發病指數以‘23-708’10.7%最低，‘23-709’與‘台中2號’66.7%與59.0%較高。小區產量以‘23-709’、‘23-707’與‘台中2號’較高，整體上以‘台中2號’較佳。

花椰菜夏季穴盤育苗時受高溫影響，地上部莖葉與根部生長表現差，當於穴盤底部供應15℃涼溫並於穴盤上方覆蓋泰維克布時，可獲得最佳的葉與莖乾重，且生長數值

最快顯現；穴盤底部供應20℃涼溫並覆蓋泰維克布時，可獲得最佳根乾重，且有較佳的苗健康指數與Dickson品質指數。

近年受全球暖化影響，恆春地區於10-12月間溫度常可達30℃以上，此時洋蔥生長易出現生理障害，結球初期如遇高溫，蔥球無法充分肥大，致產量下降，品質不甚理想。為減輕高溫對洋蔥栽培之不利影響，使用覆蓋資材處理，調查採收後大球率與平均球重，以泰維克布最高，蔥球經貯藏4個月，以白色抑草蓆之蔥球品質最佳 (表17-1)，因此洋蔥栽培搭配適合的覆蓋資材可有效改善蔥球品質。

三 以作物模式評估氣候變遷情境下硬質玉米產量變化

陳柱中

為了解氣候變遷對於國內硬質玉米之影響，使用玉米生長模式MAIZSIM，模擬最新氣候變遷情境 (AR6) 平地種植區產量變化，作為未來情境耕作制度調整的參考。使用臺中霧峰、新竹新豐2個栽培區2期作資料，建立硬質玉米‘明豐’的作物參數，並進行模式驗證，比對模擬與田間實際量測的葉面積、各部位乾重 (葉、莖、穗)，顯示模式能夠針對玉米的發育與生長進行合理的模擬。選用臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台 (TCCIP) 之氣候變遷情境日資料，選擇中間路徑 (SSP2-4.5) 下6個氣象情境資料，模擬近未來到世紀中 (2030、2040、2050年)，春作與秋作硬質玉米產量，並以2020年模擬產量作為基礎，比較氣候變遷下未來產量相對變化百分比。結果顯示，大部分的氣候情境皆顯示未來春作產量有下降的趨勢，並呈現南部影響較北部劇烈的區域 (表17-2)，若在生育後期連續高溫的不利情境下，減產的幅度可達36.1%。未來情境秋作產量變化比率大多在-15%至+30%間，亦呈現北部區域增產、中南部區域減產的趨勢。

表17-1. 不同覆蓋處理對洋蔥‘708’貯藏4個月之影響

處理	硬度 (kg m^{-2})	糖度 (°Brix)	含水率 (%)	腐爛率 (%)	發霉率 (%)	發根率 (%)
無覆蓋	12.04^{z}	6.0	95.3 a	10	45	100
白色抑草蓆	14.22	6.2	94.7 bc	5	50	100
防水布	13.65	6.7	94.2 c	15	60	95
泰維克布	12.60	5.6	95.1 ab	25	80	95
ANOVA	ns^{y}	ns	***			

z 每處理調查2重複，每重複調查10株。

y Means with same letters are not significantly different within cultivar by least significant difference test at $P<0.05$.

表17-2. 食用玉米在不同氣象情境相對產量變化百分率

地區	春作			秋作		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
	TaiESM1					
北部	16.3	17.6	-22.2	23.1	11.3	13.5
中部	14.7	6.4	-8.6	1.8	-1.3	4.3
南部	8.4	13.1	-20.0	0.5	-1.8	3.2
東部	11.6	9.7	-18.9	4.6	1.8	6.3
	BCC-CSM2-MR					
北部	-17.8	12.3	9.5	34.6	24.2	19.8
中部	-5.1	5.8	9.5	5.2	-6.4	-10.2
南部	-16.3	-5.7	-2.1	10.6	6.1	14.9
東部	-12.3	5.6	-1.4	7.8	4.7	1.6
	CanESM5					
北部	10.9	9.5	-13.0	15.9	24.3	27.7
中部	3.4	-9.9	-4.5	6.3	2.5	4.9
南部	7.8	5.9	-27.1	-2.1	6.8	7.1
東部	2.7	0.6	-11.5	6.2	6.1	3.3
	MIROC6					
北部	8.3	9.6	9.2	19.6	26.5	31.6
中部	0.9	-1.3	3.0	3.8	-4.0	7.7
南部	3.1	14.9	0.1	5.9	4.2	15.1
東部	1.6	3.4	0.5	7.2	5.5	11.3
	MRI-ESM2-0					
北部	-7.7	3.0	1.3	23.8	37.8	16.1
中部	-6.2	-1.7	4.0	-3.4	8.4	8.0
南部	-22.9	-3.7	-6.5	9.9	12.1	-14.9
東部	-5.6	-0.3	2.0	3.4	9.3	5.4
	norESM1-M					
北部	-1.7	12.7	-20.2	26.8	-2.9	19.3
中部	4.9	3.6	-5.3	-1.4	-8.9	5.5
南部	-13.2	6.4	-36.1	18.6	-7.5	6.2
東部	0.2	2.5	-20.9	7.1	-0.7	1.9